

RIZOBACTÉRIA *Bacillus aryabhatai* COMO INDUTOR DE RESISTÊNCIA À SECA

RHIZOBACTERIA *Bacillus aryabhatai* AS AN INDUCER OF DROUGHT RESISTANCE

¹LEANDRO, Maria Eduarda Cocenço

¹Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos-Unifio/FEMM

RESUMO

Devido às mudanças climáticas configurar-se como um dos grandes desafios que afeta a agricultura, interferindo diretamente na produção agrícola, o uso de bioinsumos ativos por microorganismos como o *Bacillus aryabhatai* tem se destacado estrategicamente para mitigar os efeitos do déficit hídrico. Tal microorganismo foi encontrado na rizosfera do mandacaru (*Cereus jamacaru*) e possui capacidade de aumentar a resistência e adaptação das plantas ao estresse hídrico, ocasionando proteção a lavoura e aumento de produtividade. Estudos mostram que o uso de tal microorganismo é eficaz na redução dos impactos climáticos na lavoura, promovendo crescimento e desenvolvimento das plantas em condições de estresses abióticos. O presente trabalho foi realizado por meio de uma revisão bibliográfica, a partir de trabalhos publicados na literatura. Conclui-se que o uso de bioinsumos apresentam resultados positivos para melhor adaptação das culturas ao estresse hídrico, promovendo assim aumento a produtividade e sendo mais sustentável.

Palavras chave: Estresse Hídrico; *Bacillus*; Rizobactéria; Inoculação

ABSTRACT

Due to climate change being one of the major challenges affecting agriculture, directly interfering with agricultural production, the use of active bio-inputs by microorganisms such as *Bacillus aryabhatai* has been strategically highlighted to mitigate the effects of water deficit. This microorganism was found in the rhizosphere of mandacaru (*Cereus jamacaru*) and has the capacity to increase the resistance and adaptation of plants to water stress, providing crop protection and increased productivity. Studies show that the use of such microorganisms is effective in reducing climate impacts on crops, promoting plant growth and development under abiotic stress conditions. This work was carried out through a bibliographical review, based on works published in the literature. It is concluded that the use of bioinputs presents positive results for better adaptation of crops to water stress, thus promoting increased productivity and being more sustainable.

Keywords: Water Stress; *Bacillus*; Rhizobacteria; Inoculation

INTRODUÇÃO

Mudanças climáticas vêm afetando o cultivo em todo o mundo, acarretando perdas econômicas e sociais. Mudanças nos regimes pluviométricos e temperaturas elevadas são casos de alterações climáticas, que afeta de forma significativa a agricultura, resultando em diminuição da produção e da qualidade dos alimentos cultivados (Dias, 2023).

O déficit hídrico é facilmente observado no período de seca, quando a água retida no solo não é suficiente e o sistema radicular não consegue absorvê-la (ANSARI *et al.* 2019; CONTI *et al.* 2019), resultando em dificuldade no crescimento da planta,

danificando a ação fotossintética, alterando sua genética, além de prejudicar a síntese proteica necessária para o desenvolvimento, o que dificulta a abertura dos estômatos e retarda o crescimento vegetal (Siddalingaswamy *et al.* 2008).

Estratégias estão sendo elaboradas para mitigar os impactos do estresse hídrico na agricultura, dentre elas, o uso de bioinsumos à base de microrganismos compostos por fungos, bactérias ou vírus (Meyer, 2022).

De acordo com Távora (2023) com o aumento do uso de bioinsumos na agricultura, o Brasil está entre os países que mais utilizam esse tipo de defensivo, apenas no ano de 2023 foram registrados 63 produtos biológicos, produtos estes importantes na agricultura por seu baixo impacto toxicológico, ambiental e fitossanitário, pelo motivo de que ao contrário dos produtos químicos, estes são registrados para pragas independentemente da cultura.

Os microrganismos possuem diversas funções, como manter a ciclagem dos nutrientes e equilíbrio do ecossistema (Marschner; Crowley; Yang, 2004), e facilitar a absorção de nutrientes pelas plantas (GYANESHWAR *et al.*, 2002). Os mesmos se desenvolvem a partir de partículas minerais e matéria orgânica, e assim colonizam a rizosfera das plantas (Foster, 1988). De acordo com Kuske *et al.*, (2002) a contagem de microrganismos na camada superficial do solo de 0-10 cm foi maior que na profundidade de 20-30 cm.

Após 12 anos de estudo, a rizobactéria *Bacillus aryabhatai* foi a primeira com indicação para diminuir efeitos causados pelo déficit hídrico em plantas (LIMA, 2021). Encontrada na rizosfera do mandacaru (*Cereus jamacaru*), tal microrganismo possui a capacidade de aumentar a resistência e adaptação das plantas ao estresse hídrico, com seu uso é possível proporcionar maior crescimento da cultura mesmo em condições de seca (Lima, 2021).

Mohanty, *et al.* (2021) afirmam que os efeitos promotores do crescimento vegetal, são oriundos das mudanças morfológicas e fisiológicas de raízes das plantas inoculadas, e do aumento da absorção de água e minerais. Os efeitos causados pela rizobactéria ocorre pela produção de osmólitos compatíveis, que são pequenas moléculas orgânicas com capacidade de auxiliar em fases de estresses abióticos (TORDIN, 2017).

Atualmente no Brasil, o uso do *B. aryabhatai* vem crescendo significativamente, principalmente na cultura do milho, uma das culturas de maior importância econômica no país, pela capacidade de formar um biofilme e produzir

exopolissacarídeos que protegem a planta dos impactos pela falta de água (Kavamura, 2012).

Desta forma, por meio de uma revisão bibliográfica, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial da rizobactéria promotora de crescimento de plantas *Bacillus aryabhatai* na mitigação do déficit hídrico em diferentes culturas, visando maior produtividade.

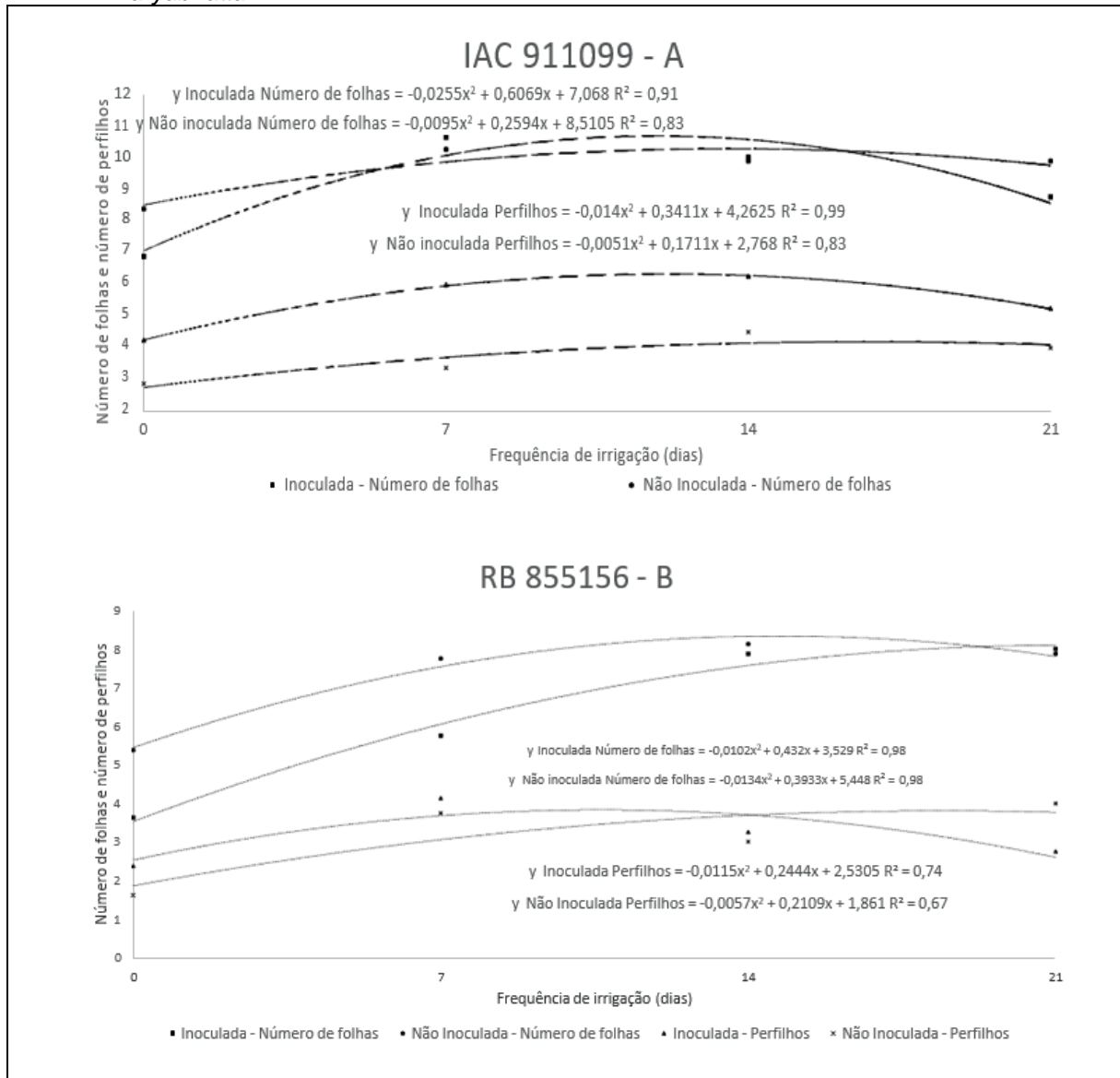
MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado por meio de revisão bibliográfica, através de consultas em livros e artigos pelas principais bases de pesquisas, como: Scielo, Google Scholar, Plant and soil, Springer, Embrapa. Para tal levantamento, foram inclusos artigos originais, escritos em português e inglês, tentando ser mais atualizado e assim, servir para estudos futuros. Com base na revisão bibliográfica, para apresentar melhor entendimento sobre a mitigação ao estresse hídrico com o uso da rizobactéria *Bacillus aryabhatai* a fim de melhor produtividade, este artigo apresenta três resultados de pesquisa em campo em cultura diferentes, sendo elas soja, milho e cana-de-açúcar.

DESENVOLVIMENTO

May *et al.* (2019), avaliaram o efeito da inoculação de *Bacillus aryabhatai* no desenvolvimento inicial de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, em diferentes disponibilidades de água no solo, teve como resultado que a inoculação de mudas pré-brotadas das cultivares de cana-de-açúcar IAC 911099 e RB 855156, com *Bacillus aryabhatai* promoveu melhor desenvolvimento da parte aérea e radicular, principalmente em condições de estresse hídrico, podendo ser considerado um ativo biológico eficiente para o estabelecimento inicial do canavial. Conforme os gráficos a seguir:

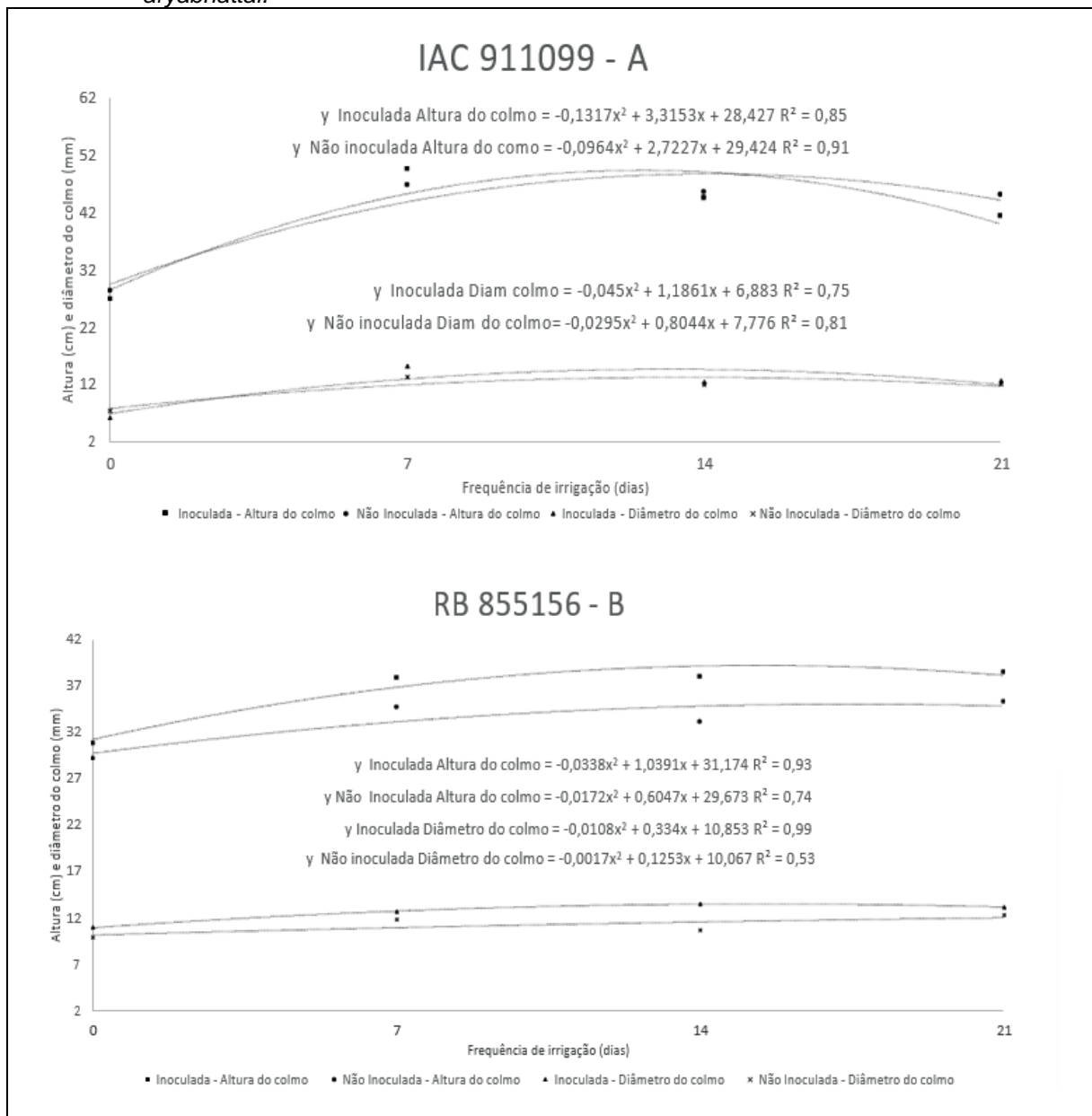
Figura 1 - Número de folhas e número de perfilhos da planta da cultivar IAC 911099 (A) e RB 855156 (B), nas frequências de irrigação de 0, 7, 14 e 21 dias, com e sem a inoculação de *Bacillus aryabhattai*.



Fonte: May *et al.* (2019).

É possível verificar na Figura 1 que a inoculação das mudas pré-brotadas com *Bacillus aryabhattai* não houve resultados positivos em relação ao número de folhas, porém promoveu maior perfilhamento nas duas cultivares, principalmente na frequência de irrigação de 7 e 14 dias.

Figura 2 - Altura (cm) e diâmetro do colmo (cm) da planta da cultivar IAC 911099 (A) e RB 855156 (B), nas frequências de irrigação 0, 7, 14 e 21 dias, com e sem a inoculação de *Bacillus aryabhatai*.



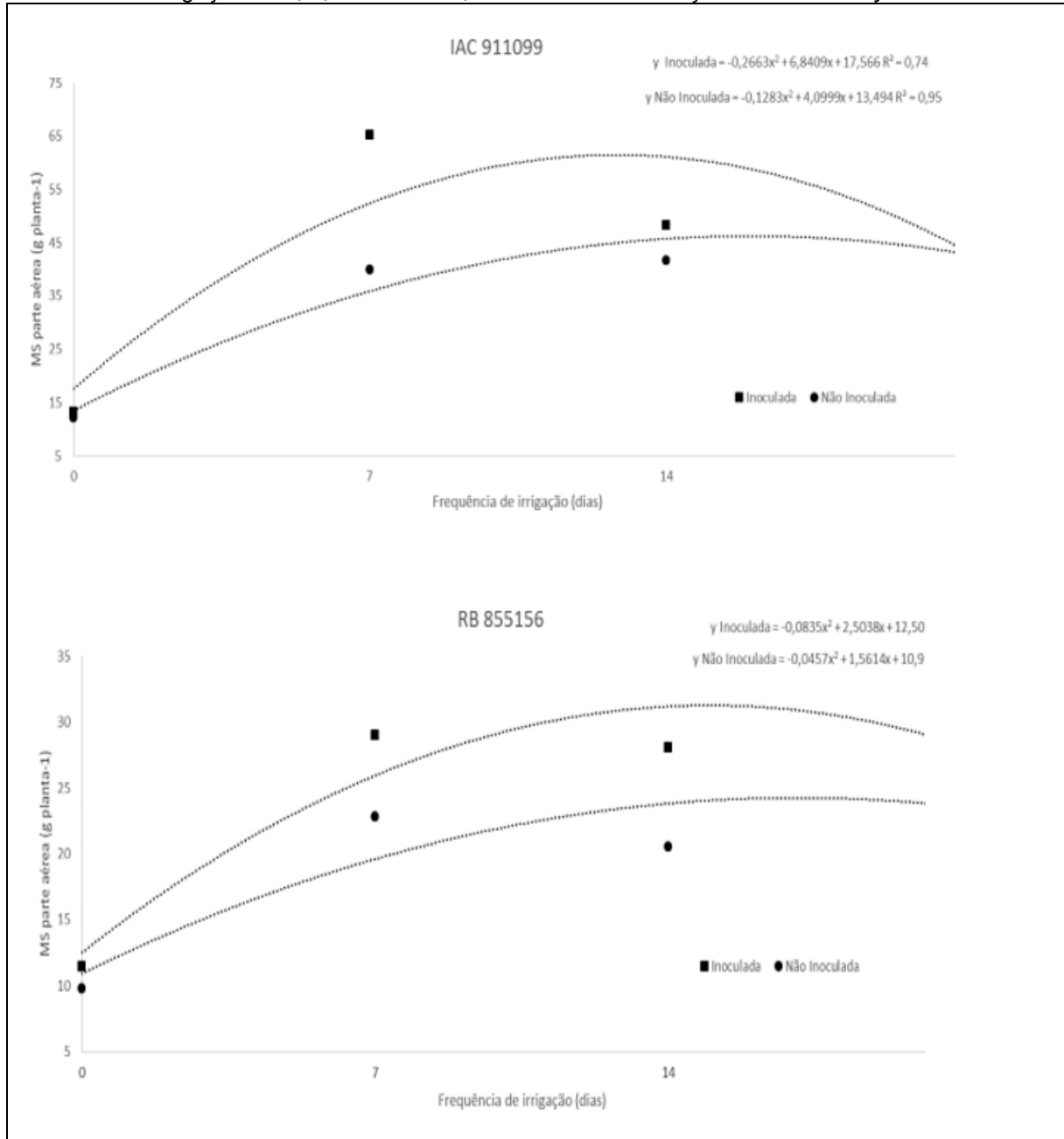
Fonte: May *et al.* (2019).

Observa-se na Figura 2 que houve um incremento tanto na altura do colmo quanto no diâmetro em mudas inoculadas com maiores frequências de irrigação, porém mais expressivo na cultivar RB 855156.

A figura 3 apresenta a massa seca da parte aérea das cultivares estudadas em função da frequência de irrigação das mudas inoculadas ou não com o *Bacillus aryabhatai*, a qual houve um incremento significativo na massa seca da parte nas

duas cultivares, quando inoculadas com *Bacillus aryabhatai*, principalmente aos 7 e 14 dias.

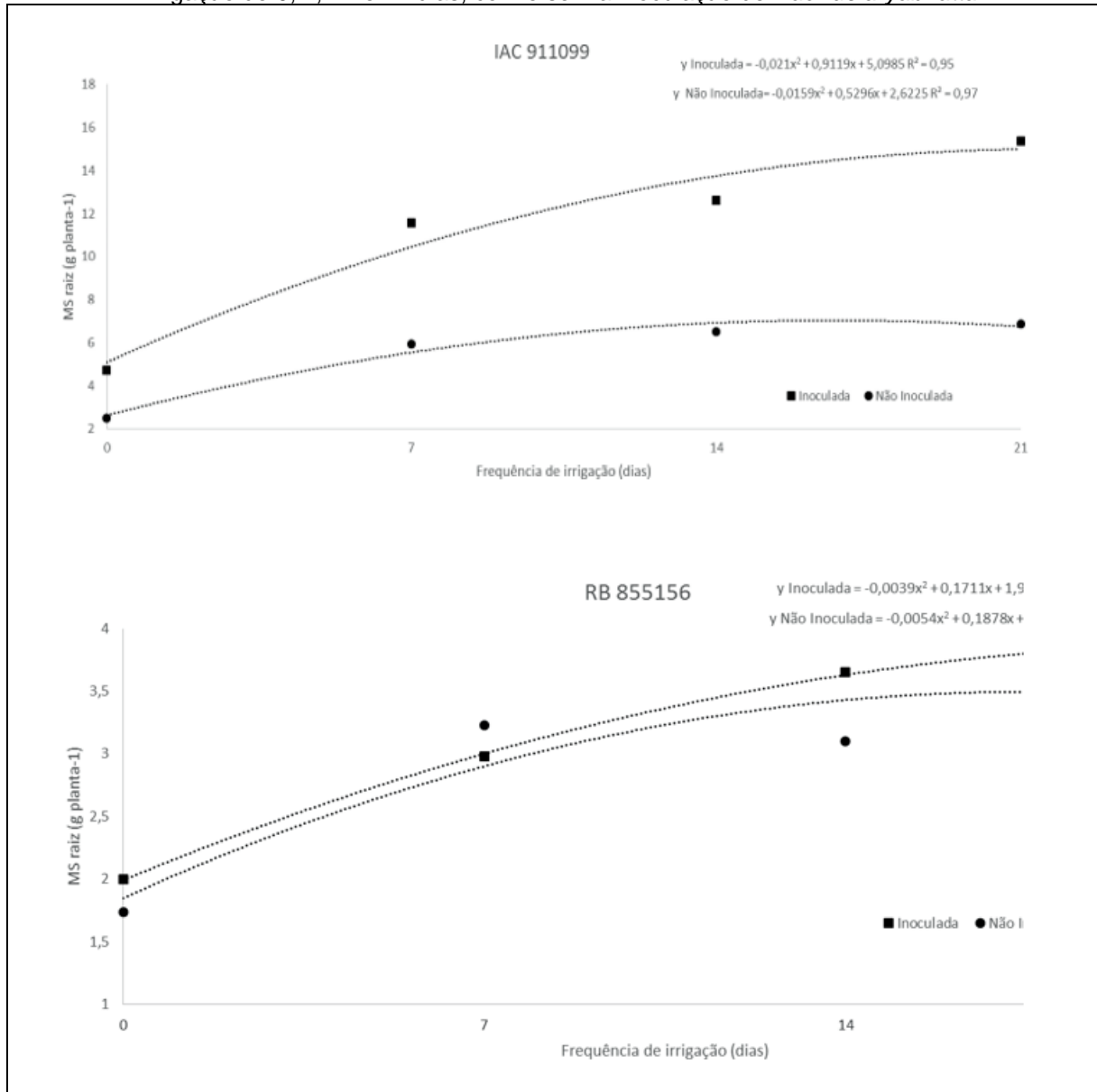
Figura 3 - Massa seca da parte aérea (g) da cultivar IAC 911099 (A) e RB 855156 (B), nas frequências de irrigação de 0, 7, 14 e 21 dias, com e sem a inoculação de *Bacillus aryabhatai*.



Fonte: May *et al.* (2019).

O mesmo aconteceu na avaliação de massa seca da raiz, especialmente na cultivar IAC 911099, que se mostrou mais responsiva em menores frequências de irrigação (21 dias).

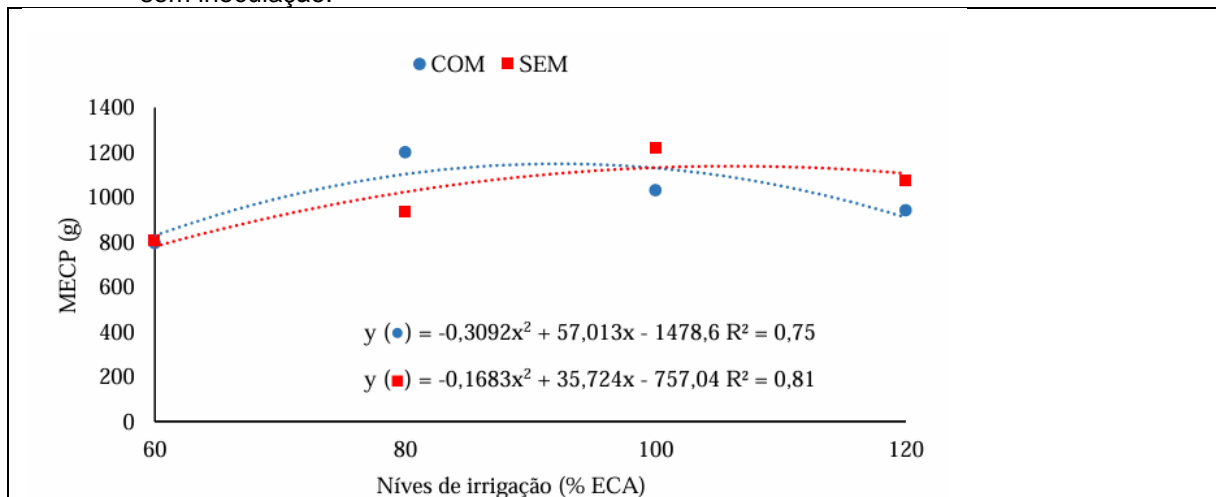
Figura 4 - Massa seca da raiz (g) da cultivar IAC 911099 (A) e RB 855156 (B), nas frequências de irrigação de 0, 7, 14 e 21 dias, com e sem a inoculação de *Bacillus aryabhattai*.



Fonte: May *et al.* (2019).

Silva (2023), avaliou a influência hídrica na produtividade da cultura do milho com e sem inoculação via semente, teve como resultado o aumento do regime hídrico proporcionando maior produtividade da cultura do milho, porém com maior intensidade em plantas não inoculadas.

Figura 5 - Massa da espiga (g) com palha de milho verde em função dos níveis de irrigação, com e sem inoculação.

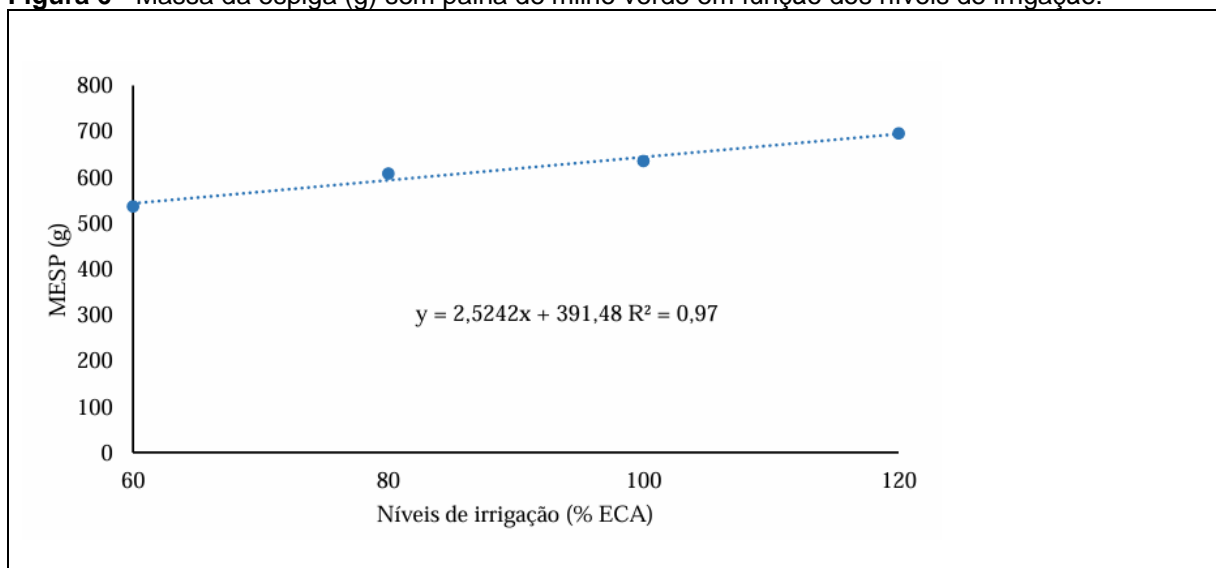


Fonte: Silva (2023).

De acordo com a figura 5, observa-se que a massa da espiga com palha de milho em função aos níveis de irrigação com inoculação foi superior as sem inoculação nos níveis mais baixos de irrigação.

A figura 6 retrata a massa da espiga sem palha de milho, o qual teve crescimento linear em função aos níveis de irrigação, é possível verificar aumento na massa da espiga conforme o nível de irrigação aumenta.

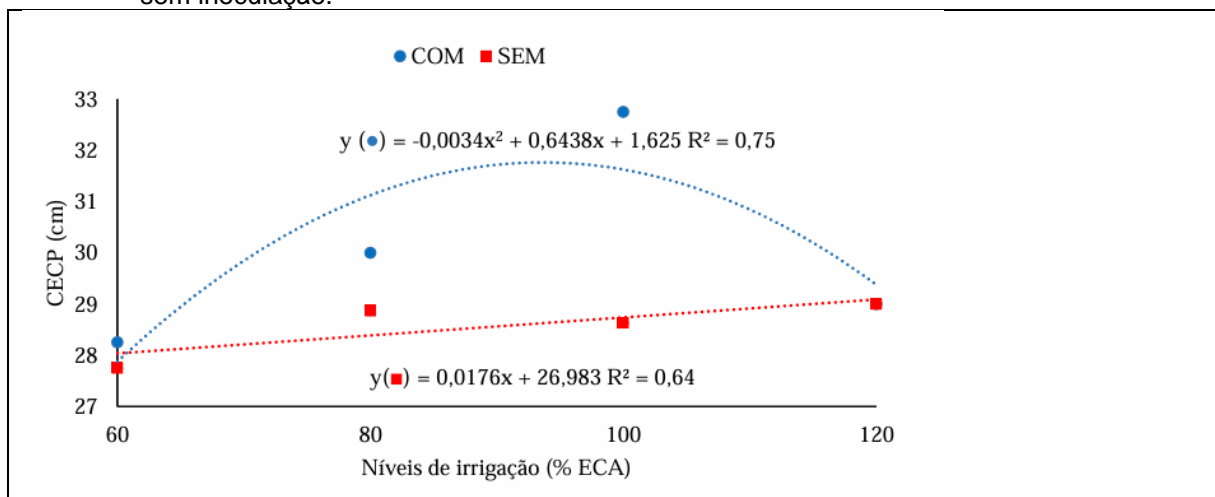
Figura 6 - Massa da espiga (g) sem palha de milho verde em função dos níveis de irrigação.



Fonte: Silva (2023).

Observando a Figura 6, comprimento da espiga de milho verde com palha em função dos níveis de irrigação, com e sem inoculação, verifica-se que plantas inoculadas tiveram resultado superior as plantas não inoculadas em relação ao comprimento da espiga.

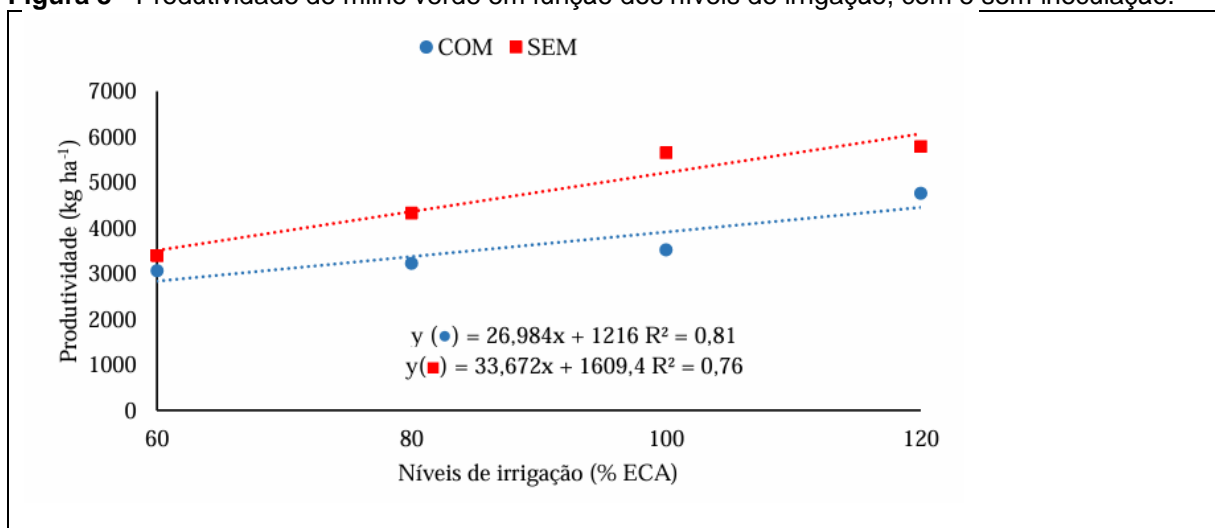
Figura 7 - Comprimento da espiga de milho verde com palha em função dos níveis de irrigação, com e sem inoculação.



Fonte: Silva (2023).

Resultado similar é mostrado na figura 8, produtividade de milho verde em função aos níveis de irrigação em plantas com e sem inoculação, onde é possível verificar que plantas não inoculadas com o aumento dos níveis de irrigação foram superiores as plantas com inoculação.

Figura 8 - Produtividade de milho verde em função dos níveis de irrigação, com e sem inoculação.



Fonte: Silva (2023).

Silva e Silva (2023), avaliaram com diferentes doses de um produto à base do *Bacillus aryabhatai* em sementes de soja na fase de germinação, em relação à tolerância ao estresse hídrico. O mesmo concluiu que o uso desse microorganismo no tratamento de sementes influenciaram a germinação das sementes de soja em condições de estresse hídrico, com maior germinação aos cinco dias com as dosagens 2,0; 4,0 e 8,0ml/kg e aos oito dias com a dose de 8,0ml/kg, conforme indica a tabela 1:

Tabela 1 - Porcentagem de germinação de sementes de soja tratadas com *Bacillus aryabhatai* e submetidas ao estresse hídrico, com 5 e 8 dias de germinação.

Dose do produto (mLkg-1 de semente)	Germinação aos 5 dias (%)		Germinação aos 8 dias		
	Normais	Anormais	Normais	Anormais	Mortas
0,0	82,5 b	17,5 b	81,50 b	11,00 bc	7,50 a
2,0	89,5 a	10,5 a	90,50 ab	4,00 a	5,50 a
4,0	89,5 a	10,5 a	88,50 ab	6,50 ab	5,00 a
8,0	92,0 a	8,0 a	91,50 a	3,50 a	5,00 a
16,0	86,5 ab	13,5 ab	83,00 ab	11,50 c	5,50 a
D.M.S.	3,43	3,43	4,65	2,47	3,83
C.V. (%)	3,57	26,18	4,89	31,04	61,61

* Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).
Fonte: Silva e Silva 2023

Ainda que, as doses 2,0 e 4,0 ml do produto resultou em um comprimento significativamente maior de parte aérea e valores superiores de massa fresca de raiz, assim, enquanto a massa seca de raiz foi influenciada pelo tratamento de sementes com *B. aryabhatai*, independentemente da dose aplicada (tabela 2).

Tabela 2 - Efeito do tratamento de sementes de soja com doses de produto à base de *Bacillus aryabhatai* sobre o desenvolvimento inicial de plântulas germinadas sob condição de estresse hídrico.

Dose do produto (mL/kg de semente)	CPA	CR	MFPA	MFR	MSPA	MSR
	(cm)		(g)			
0,0	1,89 b	7,41 a	3,74 a	0,39 b	1,05 a	0,03 b
2,0	2,86 a	11,51 a	3,94 a	0,91 a	0,97 a	0,06 a
4,0	2,25 ab	9,19 a	3,87 a	0,81 a	1,04 a	0,07 a
8,0	2,27 ab	7,95 a	4,10 a	0,62 ab	1,09 a	0,06 a
16,0	2,03 b	6,33 a	3,93 a	0,66 ab	1,08 a	0,07 a
D.M.S.	0,80	6,26	0,627	0,36	0,13	0,03
C.V. (%)	16,09	33,81	7,33	24,37	5,48	25,42

* D.M.S. - Diferença Mínima Significativa. C.V. (%) - Coeficiente de variação. CPA - Comprimento de parte aérea. CR - Comprimento de raiz. MFPA - Massa fresca de parte aérea. MFR - Massa fresca de raiz. MSPA - Massa seca de parte aérea. MSR - Massa seca de raiz.

** Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Fonte: Silva e Silva 2023

Lima (2021) também obteve resultados similares. De acordo com Lima (2021), testes em campo confirmam a eficiência do uso do microorganismo mesmo com 40 dias de estiagem, o diretor da NOAA afirma que:

“o uso da tecnologia permitiu que as plantas inoculadas percebessem o efeito da estiagem dias após as plantas da área sem a tecnologia, contribuindo para o sólido desenvolvimento dos cultivos em que o microorganismo foi aplicado”.

Park *et al.* (2017) também obtiveram resultados similares, o mesmo afirma que o *Bacillus aryabhatai* isolado na rizosfera de plantas de soja, promove crescimento tanto em condições ideais quanto em condições de estresse.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do *Bacillus aryabhatai* promove segurança no ambiente de produção, reduzindo efeitos do estresse hídrico e assim, promovendo maior potencial produtivo nas lavouras. Por esse motivo, bioinsumos estão se tornando cada vez mais populares na agricultura.

Sendo assim, o presente trabalho conclui-se que o *Bacillus aryabhatai* proporciona maior resistência às plantas quando estão sob estresse abiótico, principalmente o hídrico, além de proporcionar maior produtividade em comparação com plantas não inoculadas.

Em síntese, estudos sobre o uso da rizobactéria *Bacillus aryabhatai* enfrenta desafios e limitações, devido a escassez em pesquisas disponíveis na literatura. O avanço do conhecimento nessa área é necessário e importante para gerar acesso a novas cepas e formulações, com impactos significativos na agricultura.

REFERÊNCIAS

ANSARI, W. A. *et al.* Influence of Drought Stress on Morphological, Physiological and Biochemical Attributes of Plants: A Review. **Biosciences Biotechnology Research**, v.16, n.4, p.697-709, 2019.

CONTI, V. *et al.* Drought stress affects the response of italian local tomato (*Solanum lycopersicum* L.) varieties in a genotype-dependent manner. **Plants**, v.8, n.9, p.336, 2019.

DIAS, R. Mudanças climáticas e insegurança alimentar: uma revisão sistemática dos efeitos do aquecimento global na produção e disponibilidade de alimentos. **Revista Foco**, v. 16, n. 9, p. e3142-e3142, 2023.

FOSTER, R.C. Microenvironments of soil microorganisms. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v 6, n 3, p. 189-203, 1988.

GYANESHWAR, P. *et al.* Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. **Plant and Soil**, The Hague, v 246, p. 83-93, 2002.

Isolamento e Potencial Uso de Bactérias do Gênero Bacillus na Promoção de Crescimento de Plantas em Condições de Déficit Hídrico. **EMBRAPA**, 2019.

KAVAMURA, V.N. **Bactérias associadas as cactáceas da Caatinga: promoção de crescimento de plantas sob estresse hídrico**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. P. 246. Tese doutorado. 2012.

KUSKE, C.R. *et al.*; **App Envir Microbi**, v 68, p. 1854-1863, 2002.

LIMA, E. Bactéria encontrada no mandacaru vira bioproduto que promove tolerância à seca em plantas. **EMBRAPA**, 2021.

MARSCHNER, P.; CROWLEY, D.; YANG, C.H. Development of specific rhizosphere bacterial communities in relation to plant species, nutrition and soil-type. **Plant and Soil**, v 261, p. 199-208, 2004.

MAY, A. *et al.* Promoção de crescimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar inoculadas com *Bacillus aryabhattai* em diferentes frequências de irrigação. **EMBRAPA**, 2019.

MEYER, M. C. *et al.* Bioinsumos na cultura da soja. **EMBRAPA**. 2022.

MOHANTY, P. *et al.* **Insight sobre o papel do PGPR na agricultura e no meio ambiente sustentáveis**. 2021.

PARK, Y.G. *et al.* *Bacillus aryabhattai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. **Plos one**, v 12, n 3, p. 28, 2017.

SIDDALINGASMAMY, N. *et al.* Studies on water requirements and water use efficiency at different methods and levels of irrigation in mulberry. **Sericologia**, v 48, n 4; p.433-439, 2008.

SILVA, F.B. **Uso de regimes hídricos e *Bacillus aryabhattai* no desempenho agrônomo na cultura do milho verde**. Repositório Unilab. 2023.

SILVA, I.P.C.; SILVA, W.F. Tolerância ao déficit hídrico na germinação de sementes de soja tratadas com *Bacillus aryabhattai*. **Revista cerrado agrocências**, v 14, p. 46-55, 2023.

TÁVORA, P. Mapa encerra com 2023 com 90 produtos de baixo impacto registrados. **Ministério da Agricultura e Pecuária**. 2023.

TORDIN, C. Cientistas usam bactérias para ajudar plantas a resistir à seca. **EMBRAPA**, 2017.